

## BACKGROUND OF THE INVENTION

本発明は、半導体集積回路の検査系列の故障検査能力を表す品質を評価するための技術に関する。これは、半導体集積回路の遅延故障検査を行う際に使用される。

半導体集積回路は、近年の半導体プロセスの微細化技術の急速な進歩によって、大規模化、複雑化が急激に進んでいる。これに伴って半導体集積回路の検査が一層困難になっている。この問題に対処するため、半導体集積回路の検査を容易化する手段として、スキャン方式などによる検査容易化設計手法が普及している。縮退故障モデルで表される故障については、これを効率的に検査できるようになった。縮退故障モデルで仮定された故障を検出する場合、故障検出の能力はクロック周波数に依存しない。そのため、スキャンテストは、一般的に実動作速度よりも低いクロック周波数を使って実施されている。

しかし、半導体プロセスの微細化の進歩に伴ってプロセスのばらつきが顕在化している。結果、低いクロック周波数による検査だけでは十分に検査品質を保証することができなくなっている。実動作時と同じクロック周波数を使った遅延故障検査技術のような、遅延を考慮した検査が必要とされるようになった。

遅延故障用の検査系列の品質を表す故障検出率は、次のような計算式で算出されている。

【数 1】

$$\text{故障検出率} = \frac{\text{検出された遅延故障数}}{\text{定義された全故障数}} \times 100 [\%] \quad \cdots (1)$$

ところで、この故障検出率では、どの遅延故障も重要度が等しいと見なされている。そのため、式(1)の故障検出率は、検査系列の実際の故障検査に対する品質を十分に反映できていない、という問題がある。この問題を図を用いて具体的に説明する。

FIG. 14 は、半導体集積回路上に定義した遅延故障の特性を示すための図である。信号経路  $b_1 \sim b_6$  の右側に示した矢印の長さは、それぞれ「信号経路の設計上の遅延値」を示す。また、図の右側の点線は半導体集積回路の 1 クロック

レート の 値 を 表 す。

一般に、‘信号経路の設計上の遅延値’が大きいほど（１クロックレートに近いほど）、この信号経路が遅延故障を生じる可能性が大きい。したがって、FIG. 14において、信号経路 $b_3$ が信号経路 $b_6$ よりも遅延故障を生じる可能性が  
5 大きいことは明らかである。そのため、信号経路 $b_3$ に定義した遅延故障を検出する検査は、信号経路 $b_6$ に定義した遅延故障を検出する検査に比べて、検査の品質がより高いといえる。

しかし、式（１）による故障検出率では、信号経路 $b_3$ 上の遅延故障を検出した場合も、信号経路 $b_6$ 上の遅延故障を検出した場合も、同じく１個の遅延故障  
10 を検出したと扱われ、その品質は同等とみなされる。例えば、信号経路 $b_1 \sim b_6$ 上にそれぞれ１個ずつ遅延故障を定義したと仮定する。遅延故障を生じる可能性が大きい信号経路 $b_1 \sim b_3$ 上の故障を検出した場合に、その故障検出率は、

$$(3/6) \times 100 [\%] = 50 \%$$

となる。他方、遅延故障を生じる可能性が小さい信号経路 $b_4 \sim b_6$ 上の故障を検  
15 出した場合も、その故障検出率は、

$$(3/6) \times 100 [\%] = 50 \%$$

となる。両者は、遅延故障を生じる可能性が異なるのに、故障検出率は互いに等しくなってしまう。

遅延値の大きな信号経路 $b_1 \sim b_3$ 上を故障検出する検査と、遅延値の小さな信号経路 $b_4 \sim b_6$ を故障検出する検査とでは、前者の方が品質が高いのは明らかである。したがって、故障検出率の式（１）は、検査の品質を正しく反映していない。結果として、検査に使用する検査系列の品質を誤って評価してしまう。

## SUMMARY OF THE INVENTION

したがって、本発明の主たる目的は、‘遅延故障の検査系列’の品質をより高精度に評価することのできる‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’を提供することである。

本発明の他の目的、特徴、利点は、後述から明かになるであろう。

上記の目的を達成するために、本発明は次のような手段を講じる。

第１の解決手段として、本発明による‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’

は、定義された遅延故障のうち設計上の所定の遅延値以下の遅延値をもつ遅延故障を故障検査の対象外として除外し、残った対象内の遅延故障数を比較基準とする。比較対象は、‘遅延故障の検査系列’が検出できた遅延故障数とする。両者の比、すなわち、比較基準に対する比較対象の比を故障検出率として、‘遅延故障の検査系列’の品質を評価する。

この構成による作用は次のとおりである。定義された遅延故障の重要度をすべてを等しくみなすのではなく、品質評価に対する影響の度合いが低い遅延故障を除外した上で故障検出率を算出する。そして、このように算出した故障検出率に基づいて、‘遅延故障の検査系列’の品質評価を行うので、実際に故障を発生する可能性が大きい遅延故障の故障検出率への影響度合いを高めることになる。その結果として、‘遅延故障の検査系列’の品質評価の精度を向上させることができる。

第2の解決手段として、本発明による‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’は、定義された遅延故障のそれぞれについて重み付けを行う。その遅延故障の重みの総和を比較基準とする。比較対象は、‘遅延故障の検査系列’が検出できた遅延故障の重みの総和とする。両者の比、すなわち、比較基準に対する比較対象の比を故障検出率として、‘遅延故障の検査系列’の品質を評価するものである。

この構成による作用は次のとおりである。定義された遅延故障の重要度をすべてを等しくみなすのではなく、品質評価に対する影響の度合いの高低に応じて重み付けを行い、重みの総和を指標にした上で故障検出率を算出する。そして、このように算出した故障検出率に基づいて、‘遅延故障の検査系列’の品質評価を行うので、実際に故障を発生する可能性が大きい遅延故障の故障検出率への影響度合いを高めることになる。その結果として、‘遅延故障の検査系列’の品質評価の精度を向上させることができる。

上記において、前記の重みについてはいくつかの態様がある。

1つは、前記‘遅延故障が定義された信号経路のタイミング設計上の要求値’に対する、前記‘遅延故障が定義された信号経路の設計上の遅延値’の大きさを示す数値として、前記‘遅延故障が定義された信号経路の設計上の遅延値’を用いるものがある。複数の遅延故障  $a_1 \sim a_n$  があり、それぞれの‘設計上の遅延値’を  $T_1 \sim T_n$  とする。遅延故障  $a_1 \sim a_n$  のうち‘遅延故障の検査系列’が検出

できた遅延故障の‘設計上の遅延値’を  $t_1 \sim t_m$  とする ( $m \leq n$ )。遅延値  $T_1 \sim T_n$  の総和を  $\sigma_T$ 、遅延値  $t_1 \sim t_m$  の総和を  $\sigma_t$  とすると、故障検出率  $\eta$  は、 $\eta = \sigma_t / \sigma_T$  である。

【数 2】

$$\sigma_T = \sum_{i=1}^n T_i \quad \dots (2)$$

【数 3】

$$\sigma_t = \sum_{j=1}^m t_j \quad \dots (3)$$

【数 4】

$$\eta = \frac{\sigma_t}{\sigma_T} = \frac{\sum_{j=1}^m t_j}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad \dots (4)$$

第 1 の解決手段の場合には、品質評価に対する影響の度合いが低い遅延故障を除外したが、重み付けの場合にはそのような除外はしない。定義されたすべての遅延故障の遅延値を故障検出率に反映する。そのため、‘遅延故障の検査系列’の品質評価をさらに高精度なものにできる。

また、前記遅延値  $T_i$ 、 $t_j$  の代わりに、それぞれ遅延故障  $a_i$ 、 $a_j$  のゲート段数を用いるのもよい。

もう 1 つは、前記重みとして、前記‘遅延故障が定義された信号経路の設計上の遅延値’と前記‘遅延故障が定義された信号経路の物理的な経路長’との積を用いるものがある。複数の遅延故障  $a_1 \sim a_n$  それぞれの‘信号経路の物理的な経路長’を  $Q_1 \sim Q_n$  とする。‘遅延故障の検査系列’が検出できた遅延故障の‘信号経路の物理的な経路長’を  $q_1 \sim q_m$  とする ( $m \leq n$ )。遅延値  $T_1 \sim T_n$  の各々と経路長  $Q_1 \sim Q_n$  の各々の積は、 $T_1 \cdot Q_1 \sim T_n \cdot Q_n$  である。これら積の総和を  $\sigma_q$  とする。遅延値  $t_1 \sim t_m$  の各々と経路長  $q_1 \sim q_m$  の各々の積は、 $t_1 \cdot q_1 \sim t_m \cdot q_m$  である。これら積の総和を  $\sigma_q$  とする。故障検出率  $\eta$  は、 $\eta = \sigma_q / \sigma_q$  である。

【数 5】

$$\sigma_Q = \sum_{i=1}^n (T_i \times Q_i) \quad \dots (5)$$

【数6】

$$\sigma_a = \sum_{j=1}^m (t_j \times q_j) \quad \dots (6)$$

【数7】

$$\eta = \frac{\sigma_a}{\sigma_Q} = \frac{\sum_{j=1}^m (t_j \times q_j)}{\sum_{i=1}^n (T_i \times Q_i)} \quad \dots (7)$$

5

この場合も、品質評価に対する影響の度合いが低い遅延故障を除外することはない。定義されたすべての遅延故障の遅延値を故障検出率に反映する。そしてさらに、遅延値と経路長との2要素を加味する。以上の相乗により、‘遅延故障の検査系列’の品質評価を一層高精度なものにできる。

10

もう1つは、前記重みとして、前記‘遅延故障が定義された信号経路の設計上の遅延値’と前記‘遅延故障が定義された信号経路の経路上の物理的な配線面積’との積を用いるものがある。複数の遅延故障 $a_1 \sim a_n$ それぞれの信号経路の物理的な配線面積を $H_1 \sim H_n$ とする。‘遅延故障の検査系列’が検出できた遅延故障の信号経路の物理的な配線面積を $h_1 \sim h_m$ とする( $m \leq n$ )。遅延値 $T_1 \sim T_n$ の各々と配線面積 $H_1 \sim H_n$ の各々の積は、 $T_1 \cdot H_1 \sim T_n \cdot H_n$ である。これら積の総和を $\sigma_H$ とする。遅延値 $t_1 \sim t_m$ の各々と配線面積 $h_1 \sim h_m$ の各々の積は、 $t_1 \cdot h_1 \sim t_m \cdot h_m$ である。これら積の総和を $\sigma_h$ とする。故障検出率 $\eta$ は、 $\eta = \sigma_h / \sigma_H$ である。

15

【数8】

$$\sigma_H = \sum_{i=1}^n (T_i \times H_i) \quad \dots (8)$$

20

【数9】

$$\sigma_h = \sum_{j=1}^m (t_j \times h_j) \quad \cdots (9)$$

【数 1 0】

$$\eta = \frac{\sigma_h}{\sigma_H} = \frac{\sum_{j=1}^m (t_j \times h_j)}{\sum_{i=1}^n (T_i \times H_i)} \quad \cdots (10)$$

この場合も、品質評価に対する影響の度合いが低い遅延故障を除外することはしない。定義されたすべての遅延故障の遅延値を故障検出率に反映する。そしてさらに、遅延値と配線面積との2要素を加味する。以上の相乗により、‘遅延故障の検査系列’の品質評価を一層高精度なものにできる。

さらにもう1つは、前記重みとして、次の2つの要素の積を用いるものがある。1つの要素は、前記‘遅延故障が定義された信号経路の設計上の遅延値’である。もう1つの要素は、‘遅延故障が定義された信号経路の経路上の物理的な配線面積’に素子面積を加算した結果である。すなわち、

‘信号経路の設計上の遅延値’ × ‘物理的な配線面積 + 素子面積’ = 重みとする。

複数の遅延故障  $a_1 \sim a_n$  それぞれの信号経路の物理的な配線面積を  $H_1 \sim H_n$  とし、それぞれの素子面積（ゲート面積）を  $G_1 \sim G_n$  とする。‘遅延故障の検査系列’が検出できた遅延故障の信号経路の物理的な配線面積を  $h_1 \sim h_m$  とし、それぞれの素子面積（ゲート面積）を  $g_1 \sim g_m$  とする（ $m \leq n$ ）。配線面積  $H_1 \sim H_n$  の各々とゲート面積  $G_1 \sim G_n$  の和に、遅延値  $T_1 \sim T_n$  の各々を乗算した結果の積は、 $T_1 \cdot (H_1 + G_1) \sim T_n \cdot (H_n + G_n)$  である。これら積の総和を  $\sigma_{HG}$  とする。配線面積  $h_1 \sim h_m$  の各々とゲート面積  $g_1 \sim g_m$  の和に、遅延値  $t_1 \sim t_m$  の各々を乗算した結果の積は、 $t_1 \cdot (h_1 + g_1) \sim t_m \cdot (h_m + g_m)$  である。これら積の総和を  $\sigma_{hg}$  とする。故障検出率  $\eta$  は、 $\eta = \sigma_{hg} / \sigma_{HG}$  である。

【数 1 1】

$$\sigma_{HG} = \sum_{i=1}^n \left\{ T_i \times (H_i + G_i) \right\} \quad \cdots (11)$$

【数 1 2】

$$\sigma_{hg} = \sum_{j=1}^m \left\{ t_j \times (h_j + g_j) \right\} \quad \cdots (12)$$

【数 1 3】

$$\eta = \frac{\sigma_{hg}}{\sigma_{HG}} = \frac{\sum_{j=1}^m \left\{ t_j \times (h_j + g_j) \right\}}{\sum_{i=1}^n \left\{ T_i \times (H_i + G_i) \right\}} \quad \cdots (13)$$

5        この場合も、品質評価に対する影響の度合いが低い遅延故障を除外することはない。定義されたすべての遅延故障の遅延値を故障検出率に反映する。そしてさらに、配線面積と素子面積と遅延値との3要素を加味する。以上の相乗により、  
‘遅延故障の検査系列’の品質評価をさらに一層高精度なものにできる。

10        なお、前記の重みとして、さらに欠陥密度を乗ずる場合もある。欠陥密度は、工場での歩留り解析などから統計的に算出されるものである。欠陥密度は、通常は、各遅延故障に対して一定である。しかし、相互間の細かい欠陥密度の差を加味すれば、  
‘遅延故障の検査系列’の品質評価をさらに一層高精度なものにできる。

15        上記の‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’に関連して、本発明による‘遅延故障の検査系列の生成の方法’は、生成した‘遅延故障の検査系列’に対して、上記いずれかの‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’を用いて故障検出率の算出を行うものである。これによれば、従来技術に比べて、  
‘遅延故障の検査系列’の生成をより高精度に行うことができる。

20        また、上記の‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’に関連して、本発明による‘遅延故障のシミュレーションの方法’は、与えられた‘遅延故障の検査系列’に対して、上記いずれかの‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’を用いて、故障検出率の算出を行うものである。これによれば、従来技術に比べて、遅延故障のシミュレーションをより高精度に行うことができる。

25        また、上記の‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’に関連して、本発明による故障検査方法は、半導体集積回路の検査工程において、検査に使用する‘遅延故障の検査系列’に対して、上記いずれかの‘遅延故障の検査系列の品質評価方

法’を用いて、故障検出率の算出を行うものである。これによれば、従来技術に比べて、半導体集積回路の故障検査をより高精度に行うことができる。

The foregoing and other aspects will become apparent from the following description of the invention when considered in conjunction  
5 with the accompanying drawing figures.

### **BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWING FIGURES**

F I G. 1 は、本発明の第 1 の実施の形態の‘遅延故障の検査系列の生成の方法’を示すフローチャート、

10 F I G. 2 は、本発明の第 1 の実施の形態の‘遅延故障のシミュレーションの方法’を示すフローチャート、

F I G. 3 は、本発明の第 1 の実施の形態での F I G. 1 のフローチャートの‘遅延故障の検査系列の生成の操作’を詳細に説明するフローチャート、

15 F I G. 4 は、本発明の第 1 の実施の形態での F I G. 2 のフローチャートの‘遅延故障のシミュレーション操作’を詳細に説明するフローチャート、

F I G. 5 は、本発明の第 1 の実施の形態における半導体集積回路上に定義した遅延故障の特性を示す図、

F I G. 6 は、本発明の第 2 の実施の形態での F I G. 1 のフローチャートの‘遅延故障の検査系列の生成の操作’を詳細に説明するフローチャート、

20 F I G. 7 は、本発明の第 2 の実施の形態における信号経路上の配線面積とゲート面積の算出方法を説明するための半導体集積回路のレイアウト図、

F I G. 8 は、本発明の第 2 の実施の形態における遅延故障が定義された信号経路のそれぞれにおける信号経路上の配線面積とゲート面積の合計面積値を示す図、

25 F I G. 9 は、本発明の第 2 の実施の形態における遅延故障が定義された信号経路のそれぞれにおける信号経路上の総配線長を示す図、

F I G. 10 は、本発明の第 2 の実施の形態における半導体集積回路上に定義した遅延故障の特性を示す図、

30 F I G. 11 は、本発明の第 2 の実施の形態における半導体集積回路上に定義した遅延故障の特性を示す図、



FIG. 12は、本発明の第3の実施の形態の故障検査方法を示すフローチャート、

FIG. 13は、従来技術における‘遅延故障の検査系列の生成の方法’を説明するフローチャート、

5 FIG. 14は、従来技術における半導体集積回路上に定義した遅延故障の特性を示す図である。

In all these figures, like components are indicated by the same numerals.

## 10 DETAILED DESCRIPTION

以下、本発明の好ましい実施形態について図面を参照して説明する。

一般に1つの信号経路上の遅延故障には、立上がり遷移の故障と立下り遷移の故障の2種類があり、遅延故障は信号経路と遷移の種類の組み合わせで表される。しかし、本明細書中では以後、説明の便宜上、遷移の種類は省略して1つの信号  
15 経路上には1つの遅延故障が定義されるものとして説明を行う。

(第1の実施の形態)

本実施の形態は、遅延故障を検出する上で価値の小さい故障を‘遅延故障の検査系列’の品質の対象から除外するものである。これにより、‘遅延故障の検査系列’の品質評価の精度を向上させる。

20 まず最初に、生成した‘遅延故障の検査系列’に対する品質評価方法の実施例を説明する。

〔‘遅延故障の検査系列’の品質評価〕

FIG. 1は本発明の第1の実施の形態の‘遅延故障の検査系列の生成の方法’を示すフローチャートである。1は検査対象である‘論理回路のデータ’、  
25 2は論理回路中に定義する‘遅延故障の定義の情報’、3は‘遅延故障の検査系列の生成の操作’、4は論理回路の遅延故障を検査するための‘遅延故障の検査系列’、5は‘遅延故障の検査系列の生成の操作’の結果得られた故障検出率を示す。

FIG. 3は‘遅延故障の検査系列の生成の操作’3の詳細を示すフローチャートである。31は所定の遅延値Dminの設定、32は‘全ての定義された故  
30

障’のうち、各‘遅延故障が定義された信号経路の設計上の遅延値’が所定の遅延値Dminより小さいものを除外する操作である。33は定義された各遅延故障に対して検査系列を生成する‘検査系列の生成の操作’、34は検出した‘遅延故障数を集計する操作’、35は故障検出率を以下の式で算出する操作を示す。

5       【数14】

$$\text{故障検出率} = \frac{\text{検出故障数}}{\text{全故障数}} \times 100 [\%] \quad \cdots (14)$$

なお、式(14)において、全故障数は、‘全ての定義された故障’から‘低影響の故障’を除外した数である。ここで、‘全ての定義された故障’とは、  
10       ‘遅延故障の定義の情報’2で定義されるものである。また、‘低影響の故障’  
とは、‘信号経路の設計上の遅延値’が所定の遅延値Dminよりも小さい信号経路上の故障のことである。

また、検出故障数は、全故障のうち‘検査系列の生成の操作’33において検査系列の生成に成功した故障の数である。

FIG. 5は、半導体集積回路上に定義した遅延故障の特性を示すための図である。遅延故障a<sub>1</sub>～a<sub>6</sub>の右側に示した矢印の長さは、それぞれ各‘遅延故障が定義された信号経路の設計上の遅延値’の大きさを示す。また、各矢印の上に添えられた9nsなどの数値はその具体的な遅延値を示す。また、図の右側の点線は半導体集積回路の1クロックレートの値を表す。  
15

以下、FIG. 1、FIG. 3、FIG. 5を用いて本実施の形態を説明する。

20       まず、与えられた‘論理回路のデータ’1と‘遅延故障の定義の情報’2を用いて‘遅延故障の検査系列の生成の操作’3を実行する。‘遅延故障の定義の情報’2には、FIG. 5に示す遅延故障a<sub>1</sub>～a<sub>6</sub>が含まれているものとする。

‘遅延故障の検査系列の生成の操作’3では、最初に操作31で所定の遅延値Dminの設定を行う。所定の遅延値Dminの値は1クロックレートの値より十分に  
25       小さい値を設定する。今、1クロックレートの値が10nsであり、これに対して所定の遅延値Dminの値を3nsと定めたとする。

次に、操作32では、比較判定を行う。‘全ての定義された故障’である遅延故障a<sub>1</sub>～a<sub>6</sub>のうち、遅延故障a<sub>6</sub>が定義された‘信号経路の設計上の遅延値’は2nsである。これは所定の遅延値Dminよりも小さいため、この遅延故障a<sub>6</sub>は

除外する。その結果、処理の対象となる全故障は遅延故障  $a_1 \sim a_5$  となる。

引き続いて操作 3 3 では、遅延故障  $a_1 \sim a_5$  に対して‘検査系列の生成の操作’を行う。その結果、遅延故障  $a_4$  および  $a_5$  についてのみ、検査系列の生成に成功（すなわち検出）したとする。この結果から操作 3 4 では、検出故障数を 2  
5 個と集計する。

最後に操作 3 5 において、故障検出率を、

$$(2 / 5) \times 100 = 40\%$$

と算出する。そして、故障検出率 5 のデータと生成した‘遅延故障の検査系列’  
4 のデータを出力する。

#### 10 [故障シミュレーション (fault simulation) の品質評価]

次に、遅延故障のシミュレーションの処理における、与えられた‘遅延故障の検査系列’に対する品質評価方法の実施例を説明する。

F I G. 2 は本発明の第 1 の実施の形態の‘遅延故障のシミュレーションの方法’を示すフローチャートである。6 は‘遅延故障のシミュレーション操作’を示し、それ以外の F I G. 1 と一致する符号は F I G. 1 と同一のものを示す。  
15

F I G. 4 は‘遅延故障のシミュレーション操作’6 の詳細を示すフローチャートである。F I G. 4 では、F I G. 3 の‘検査系列の生成の操作’3 3 の代わりに、‘故障シミュレーションの実行の操作’3 6 を行う。その他の操作は F I G. 3 と同一である。

20 以下、F I G. 2、F I G. 4、F I G. 5 を用いて本実施の形態における 2 番目の実施例を説明する。

まず、与えられた‘論理回路のデータ’1、‘遅延故障の定義の情報’2、および‘遅延故障の検査系列’4 を用いて‘遅延故障のシミュレーション操作’6 を実行する。‘遅延故障の定義の情報’2 には、F I G. 5 に示す遅延故障  $a_1$   
25  $\sim a_6$  が含まれているものとする。

‘遅延故障のシミュレーション操作’6 では、最初に操作 3 1 で所定の遅延値  $D_{min}$  の設定を行う。所定の遅延値  $D_{min}$  の値は最初の実施例と同様に 3 n s と定めたとする。

次に、操作 3 2 では、比較判定を行う。‘全ての定義された故障’である遅延  
30 故障  $a_1 \sim a_6$  のうち、遅延故障  $a_6$  が定義された‘信号経路の設計上の遅延値’は

2 n s である。これは所定の遅延値 Dmin よりも小さいため、この遅延故障 a<sub>6</sub> を除外する。その結果、処理の対象となる全故障は遅延故障 a<sub>1</sub> ~ a<sub>5</sub> となる。

引き続いて操作 3 6 では、遅延故障 a<sub>1</sub> ~ a<sub>5</sub> に対して ‘遅延故障の検査系列’ 4 を用いた故障シミュレーションを実行する。その結果、遅延故障 a<sub>4</sub> および a<sub>5</sub> を検出したとする。この結果から操作 3 4 では検出故障数を 2 個と集計する。

最後に操作 3 5 において、故障検出率を、

$$(2 / 5) \times 100 = 40\%$$

と算出する。そして、故障検出率 5 のデータを出力する。

〔本実施の形態の評価〕

次に、本実施の形態と従来技術との比較を行う。

F I G. 1 3 は従来技術により、‘遅延故障の検査系列’の生成の処理を実行し、生成された‘遅延故障の検査系列’に対する品質評価をする方法のフローチャートを示す。本発明の F I G. 2 に相当する。図中の F I G. 2 と一致する符号は F I G. 2 と同一のものを示す。

以下、従来技術の動作を説明する。

従来技術では‘遅延故障の定義の情報’2 で与えられた故障はすべて検査系列の生成の対象となる。そのため、‘検査系列の生成の操作’3 3 では、遅延故障 a<sub>1</sub> ~ a<sub>6</sub> に対して検査系列の生成を実行する。ここで、検査系列の生成の結果、遅延故障 a<sub>4</sub> ~ a<sub>6</sub> について検査系列の生成に成功（すなわち検出）したとする。

この結果から操作 3 4 では検出故障数を 3 個と集計する。そして、操作 3 5 において故障検出率を、

$$(3 / 6) \times 100 = 50\%$$

と算出する。

ここでは、遅延故障 a<sub>1</sub> も遅延故障 a<sub>6</sub> も全く同等に扱われている。検出したのは、遅延故障を生じる可能性が小さい遅延故障 a<sub>4</sub> ~ a<sub>6</sub> のみである。遅延故障を生じる可能性が大きい遅延故障 a<sub>1</sub> ~ a<sub>3</sub> は検出されていない。しかし、各遅延故障ごとの発生確率を全く考慮していないために、故障検出率が過剰に高いものとなっている。

これに対して本実施の形態では、実際に遅延故障を生じる可能性が小さい遅延故障 a<sub>6</sub> を、検査対象外として除外する。その結果、遅延故障を生じる可能性の

大小が故障検出率に反映されることになる。故障検出率は従来技術よりも低くなっている。すなわち、‘遅延故障の検査系列’の品質をより高精度に評価することができる。

(第2の実施の形態)

- 5      本実施の形態は、遅延故障を定義した信号経路上の‘設計上の遅延値’を用いて、‘遅延故障の検査系列’の品質評価を行うものである。これにより、‘遅延故障の検査系列’の品質評価の精度を向上させる。

FIG. 6は、FIG. 1における‘遅延故障の検査系列の生成の操作’3の詳細を示す‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’を示すフローチャートである。

- 10     33は定義された各遅延故障に対して検査系列を生成する‘検査系列の生成の操作’である。また、37は故障検出率を以下の式で算出する操作を示す。

【数15】

$$\text{故障検出率} = \frac{\text{各検出故障の重みの総和}}{\text{全定義故障の重みの総和}} \times 100 [\%] \quad \cdots (15)$$

- 15     FIG. 7は半導体集積回路のレイアウト図である。これは、信号経路上の配線面積とゲート面積（素子面積）の算出方法を説明するためのものである。51、52はフリップフロップ、53～55は論理ゲート（AND論理）、56～59は配線を示す。

- 20     FIG. 8は遅延故障 $a_1 \sim a_6$ が定義された信号経路のそれぞれにおける信号経路上の配線面積とゲート面積の合計面積値を示す。遅延故障 $a_1 \sim a_6$ の右側に示した矢印の長さは、それぞれ各‘遅延故障が定義された信号経路の面積’の合計値の大きさを示す。各矢印の上に添えられた $800 \mu\text{m}^2$ などはその具体的な値を示す。

- 25     FIG. 9は遅延故障 $a_1 \sim a_6$ が定義された信号経路のそれぞれにおける信号経路上の総配線長を示す。遅延故障 $a_1 \sim a_6$ の右側に示した矢印の長さは、それぞれ各‘遅延故障が定義された信号経路の総配線長’の大きさを示す。各矢印の上に添えられた $5000 \mu\text{m}$ などはその具体的な値を示す。

FIG. 10は、半導体集積回路上に定義した遅延故障の特性を示すための図である。図中のFIG. 5と一致する記号はFIG. 5と同じものを示す。また、遅延故障 $a_1 \sim a_4$ 、遅延故障 $a_5$ 、遅延故障 $a_6$ の1クロックレートの値は、それ

それぞれ  $10\text{ ns}$ 、 $8\text{ ns}$ 、 $2.5\text{ ns}$  であり、それぞれ図中に点線で示されている。

FIG. 11 は、半導体集積回路上に定義した遅延故障の特性を示すための図である。図中の FIG. 5 と一致する記号は FIG. 5 と同じものを示す。また、遅延故障  $a_1 \sim a_4$ 、遅延故障  $a_5 \sim a_6$  の 1 クロックレートの値は、それぞれ  $10\text{ ns}$ 、 $2.5\text{ ns}$  であり、それぞれ図中に点線で示されている。なお、遅延故障  $a_5$  が定義された信号経路は、3 クロック周期の間に信号が伝搬すればよいという、いわゆる 3 サイクルのマルチサイクルパスであるとする。

以下、FIG. 1、FIG. 3、FIG. 5、FIG. 7、FIG. 8、FIG. 9、FIG. 10、FIG. 11 を用いて本実施の形態を説明する。

FIG. 1 における「遅延故障の検査系列の品質評価方法」全体の操作は、実施の形態 1 と同一であるので説明を省略し、「遅延故障の検査系列の生成の操作」3 の詳細部分のみの説明を行う。

「遅延故障の定義の情報」2 で与えられた故障はすべて検査系列の生成の対象となる。そのため、「検査系列の生成の操作」33 では、遅延故障  $a_1 \sim a_6$  に対して検査系列の生成を実行する。その結果、遅延故障  $a_4 \sim a_6$  について検査系列の生成に成功（すなわち検出）したとする。

次に、操作 37 では、「全ての定義された故障」である遅延故障  $a_1 \sim a_6$  の重みの総和と、「検査系列の生成の操作」33 で検出した遅延故障  $a_4 \sim a_6$  の重みの総和をそれぞれ計算する。そして、式 (15) を使って故障検出率を算出する。

重みの具体例として、FIG. 5 に示したように各「遅延故障が定義された信号経路の設計上の遅延値」を用いた場合の説明を行う。

#### 〔重みの具体例 1〕

重みの具体例として、各「遅延故障が定義された信号経路のタイミング設計上の要求値」に対する「遅延故障が定義された信号経路の設計上の遅延値」の相対的な値を用いた場合の説明を行う。「遅延故障が定義された信号経路のタイミング設計上の要求値」とは、ある時間内に遅延故障が定義された信号経路を信号伝搬が終了しなければならない、というような時間的制約の値であり、例えば遅延故障が定義された信号経路に対するクロックレート値や、遅延故障が定義された信号経路がマルチサイクルパスである場合に、その信号経路に対するクロックレートとマルチサイクル数の積で表わされる値などを示す。ここでは、「遅延故障

が定義された信号経路のタイミング設計上の要求値’としてクロックレートを用いて説明を行う。

例えば遅延故障  $a_1$  の重みは、この故障が定義される‘信号経路の設計上の遅延値’が  $9\text{ ns}$  であるので、9 という数値を重みとして用いる。この場合、操作  
5 37 で計算される‘全ての定義された故障’の重みの総和は、

$$(9 + 8 + 9 + 5 + 7 + 2) = 40$$

である。また、‘検査系列の生成の操作’ 33 で検出した遅延故障  $a_4 \sim a_6$  の重みの総和は、

$$(5 + 7 + 2) = 14$$

10 である。したがって、故障検出率は式 (15) から、

$$(14 / 40) \times 100 = 35\%$$

と算出される。

本実施の形態では、検出した遅延故障は‘設計上の遅延値’の小さいものが多いため、従来技術で算出した故障検出率  $50\%$  よりも小さい値となっている。す  
15 なわち、より精度の高い‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’が実現できていることがわかる。

また、実施の形態 1 とは異なり、遅延故障  $a_6$  のような‘設計上の遅延値’の小さな信号経路上の故障を無視することはしない。各‘遅延故障が定義された信号経路の遅延値’を故障検出率に反映している。そのため、実施の形態 1 よりも  
20 精度の高い‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’が実現できる。

なお、本具体例ではクロックレート ( $10\text{ ns}$ ) に対する各故障が定義される‘信号経路の設計上の遅延値’の相対的な値を用いているが、クロックレートに関係なく絶対的な‘信号経路の設計上の遅延値’を重みとして用いても同様の効果が得られる。

#### 25 [重みの具体例 2]

次に、重みの別の具体例を説明する。これは、各‘遅延故障が定義された信号経路の設計上の遅延値’と、その信号経路上に欠陥が生じる確率を考慮するものである。この場合、以下の式 (16) で表される重みを使用する。

【数 16】

$$\text{重み} = \text{信号経路の設計上の遅延値} \times \text{欠陥発生確率} \times \text{係数} \cdots (16)$$

欠陥発生確率×係数は、故障発生頻度とみなすことができる。

また、欠陥発生確率はさらに以下の式（１７）で表されるものとする。

【数１７】

$$\text{欠陥発生確率} = \text{欠陥密度} \times (\text{配線面積} + \text{ゲート面積}) \cdots (17)$$

５ 信号経路上の（配線面積＋ゲート面積）は、F I.G. 7を例にとると、フリップフロップ５１，５２間の信号経路上の配線５６～５９の総面積と、ゲート５３～５５の総面積の和で算出することができる。遅延故障 $a_1 \sim a_6$ が定義された信号経路上の（配線面積＋ゲート面積）として算出された値をF I.G. 8に示している。

１０ 式（１６）の係数の値は本実施例では１とする。また、式（１７）における欠陥密度は、工場での歩留り解析などから統計的に算出されるものとし、ここではその値を $\alpha$ と表記する。 $\alpha$ の値が半導体集積回路上で一定と仮定した場合は、式（１５）～（１７）から、故障検出率は以下の式（１８）で算出される。

【数１８】

$$\text{故障検出率} = \frac{\begin{array}{c} \text{検出故障の} \\ \{ \text{遅延値} \times (\text{配線面積} + \text{ゲート面積}) \} \text{の総和} \end{array}}{\begin{array}{c} \text{全定義故障の} \\ \{ \text{遅延値} \times (\text{配線面積} + \text{ゲート面積}) \} \text{の総和} \end{array}} \times 100 [\%] \cdots (18)$$

１５ 例えば遅延故障 $a_1$ の重みは、F I.G. 5よりこの故障が定義される‘信号経路の設計上の遅延値’ $9 \text{ ns}$ と、F I.G. 8より信号経路上の（配線面積＋ゲート面積）の値 $1000 \mu\text{m}^2$ を用いて、

$$9 \times 1000 = 9000$$

２０ となる。したがって、操作３７で計算される‘全ての定義された故障’の重みの総和は、

$$(9 \times 1000 + 8 \times 600 + 9 \times 800 + 5 \times 500 + 7 \times 600 + 2 \times 100) = 27900$$

である。一方、‘検査系列の生成の操作’３３で検出した遅延故障 $a_4 \sim a_6$ の重みの総和は、

$$25 \quad (5 \times 500 + 7 \times 600 + 2 \times 100) = 6900$$

である。したがって、故障検出率は式（１８）から、



$$6900 / 27900 \times 100 = 24.7\%$$

と算出される。

この例では、検出した遅延故障は‘設計上の遅延値’の小さいものが多い。そのため、従来技術で算出した故障検出率50%よりも小さい値となっている。すなわち、より精度の高い‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’が実現できていることがわかる。

また、実施の形態1とは異なって、遅延故障 $a_6$ のような‘設計上の遅延値’の小さな信号経路上の故障を無視することはない。各‘遅延故障が定義された信号経路の遅延値’を故障検出率に反映しているため、実施の形態1よりも精度の高い‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’が実現できる。

〔重みの具体例3〕

次に、重みのさらに別の具体例を説明する。これは、式(17)における(配線面積+ゲート面積)の代りに、もっと単純な値である総配線長を用いるものである。この場合、以下の式(19)で表される重みを使用する。

【数19】

$$\text{欠陥発生確率} = \text{欠陥密度} \times \text{信号経路上の総配線長} \quad \cdots (19)$$

式(19)における総配線長は、FIG. 7における配線56～59の長さの和で算出することができる。このようにして算出した遅延故障 $a_1 \sim a_6$ が定義された信号経路上の総配線長の値をFIG. 9に示している。

また、式(17)を式(19)に置き換えることによって、欠陥密度 $\alpha$ の値が半導体集積回路上で一定と仮定した場合は、式(18)も以下の式(20)に置き換えられる。

【数20】

$$\text{故障検出率} = \frac{\text{検出故障の(遅延値} \times \text{総配線長)の総和}}{\text{全定義故障の(遅延値} \times \text{総配線長)の総和}} \times 100 [\%] \quad \cdots (20)$$

ここでは、例えば遅延故障 $a_1$ の重みは、FIG. 5よりこの故障が定義される‘信号経路の設計上の遅延値’9nsと、FIG. 9より信号経路上の総配線長の値8000 $\mu\text{m}$ を用いて、

$$9 \times 8000 = 72000$$

となる。したがって、操作 3 7 で計算される‘全ての定義された故障’の重みの総和は、

$$(9 \times 8000 + 8 \times 5000 + 9 \times 6000 + 5 \times 3000 + 7 \times 5000 + 2 \times 2000) = 220000$$

5 である。一方、‘検査系列の生成の操作’ 3 3 で検出した遅延故障  $a_4 \sim a_6$  の重みの総和は、

$$(5 \times 3000 + 7 \times 5000 + 2 \times 2000) = 54000$$

である。したがって、故障検出率は式 (20) から、

$$54000 / 220000 \times 100 = 24.5\%$$

10 と算出される。

この例では、検出した遅延故障は‘設計上の遅延値’の小さいものが多いため、従来技術で算出した故障検出率 50% よりも小さい値となっている。すなわち、より精度の高い‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’が実現できていることがわかる。

15 また、実施の形態 1 とは異なり、遅延故障  $a_6$  のような‘設計上の遅延値’の小さな信号経路上の故障を無視することはない。各‘遅延故障が定義された信号経路の遅延値’を故障検出率に反映されている。そのため、実施の形態 1 よりも精度の高い‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’が実現できる。さらには、この例では式 (20) を用いることによって、式 (18) を用いた場合よりも計算  
20 量を小さくすることができる。

#### 〔重みの具体例 4〕

次に、重みのさらに別の具体例を説明する。ここでは、半導体集積回路が複数のクロックレートやマルチサイクルパスをもつ場合を取り上げて、‘遅延故障が定義された信号経路のタイミング設計上の要求値’として、遅延故障が定義された信号経路に対するクロックレート値や、信号経路に対するクロックレートとマルチサイクル数の積で表わされる場合を用いて説明する。また、各‘遅延故障が定義された信号経路のタイミング設計上の要求値’に対する‘遅延故障が定義された信号経路の設計上の遅延値’の相対的な値として、各‘遅延故障が定義された信号経路のタイミング設計上の要求値’（具体的にはクロックレート値、クロックレートとマルチサイクル数の積）に対する‘遅延故障が定義された信号経路  
25  
30

の設計上の遅延値’の比で表わされる値を用いて説明を行う。

例えばFIG. 10に示したように、遅延故障 $a_1 \sim a_4$ が定義される信号経路のクロックレートが $10\text{ ns}$ である場合、遅延故障 $a_1$ が定義される‘信号経路のタイミング設計上の要求値’は $10\text{ ns}$ とみなすことができる。このとき、遅延故障 $a_1$ の重みは、‘タイミング設計上の要求値’に対する、この故障が定義される‘信号経路の設計上の遅延値’の比、すなわち $9\text{ ns} / 10\text{ ns} = 0.9$ で表される。同様に遅延故障 $a_5$ 、遅延故障 $a_6$ のクロックレートは、それぞれ $8\text{ ns}$ 、 $2.5\text{ ns}$ であるため、遅延故障 $a_5$ 、遅延故障 $a_6$ の重みは、それぞれ $(7\text{ ns} / 8\text{ ns}) = 0.875$ 、 $(2\text{ ns} / 2.5\text{ ns}) = 0.8$ で表される。

この場合、操作37で計算される‘全ての定義された故障’の重みの総和は、

$$(0.9 + 0.8 + 0.9 + 0.5 + 0.875 + 0.8) = 4.775$$

である。また、‘検査系列の生成の操作’33で検出した遅延故障 $a_4 \sim a_6$ の重みの総和は、

$$(0.5 + 0.875 + 0.8) = 2.175$$

である。したがって、式(15)から、

$$(2.175 / 4.775) = 45.5\%$$

と算出される。

また、FIG. 11に示したように、遅延故障 $a_5$ が定義される信号経路のクロックレートが $2.5\text{ ns}$ であるが、この信号経路が3サイクルのマルチサイクルパスである場合、遅延故障 $a_5$ が定義される‘信号経路のタイミング設計上の要求値’は $(2.5\text{ ns} \times 3) = 7.5\text{ ns}$ とみなすことができる。この場合、遅延故障 $a_5$ の重みは $(7\text{ ns} / 7.5\text{ ns}) = 0.933$ で表わされる。FIG. 11では、他の遅延故障 $a_1 \sim a_4$ 、および $a_6$ の重みはFIG. 10の例と同じであるため、操作37で計算される‘全ての定義された故障’の重みの総和は、

$$(0.9 + 0.8 + 0.9 + 0.5 + 0.933 + 0.8) = 4.833$$

である。また、‘検査系列の生成の操作’33で検出した $a_4 \sim a_6$ の重みの総和は、

$$(0.5 + 0.933 + 0.8) = 2.233$$

である。したがって、式(15)から、

$$(2.233 / 4.833) = 46.2\%$$

と算出される。

これらの例では、検出した遅延故障は‘設計上の遅延値’の小さいものが多い  
ため、従来技術で算出した故障検出率 50 % よりも小さい値となっている。すな  
わち、より精度の高い‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’が実現できている  
ことがわかる。

また、実施の形態 1 とは異なり、遅延故障  $a_6$  のような‘設計上の遅延値’の  
小さな信号経路上の故障を無視することはない。各‘遅延故障が定義された信号  
経路の遅延値’が故障検出率に反映されている。そのため、実施の形態 1 よりも  
精度の高い‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’が実現できる。

なお、本重みの具体例では、クロックレートとマルチサイクルパスの例を取り  
上げて説明を行ったが、外部端子と半導体集積回路内部との間の AC タイミング  
値など、一般的な他のタイミング制約の値を用いても同様の効果が得られること  
は明らかである。

なお、本重みの具体例では、クロックレートとマルチサイクルの例を取り上げ  
て説明を行ったが、外部端子と半導体集積回路内部との間の AC タイミング値な  
ど、一般的な他のタイミング制約の値を用いても同様の効果が得られることは明  
らかである。

なお、本実施の形態で説明した FIG. 1 の代りに FIG. 2 を用いても、同  
様の効果が実現できることは明らかである。また、‘検査系列の生成の操作’ 3  
3 の代りに‘故障シミュレーションの実行の操作’ 36 を用いても同様である。

また、式 (17) および式 (18) において、(配線面積 + ゲート面積) の代  
りに単に配線面積のみを使用しても、ほぼ同様の効果が実現できる。

さらに、本実施の形態で用いた‘信号経路の設計上の遅延値’の代わりに、遅  
延値の簡略的な表現方法として、信号経路のゲート段数を用いても、ほぼ同様の  
効果が得られる。

(第 3 の実施の形態)

FIG. 12 は本発明の第 3 の実施の形態の故障検査方法を示すフローチャー  
トである。図中の 3 ~ 6 の操作は FIG. 1 および FIG. 2 の一致する符号と  
同じものを示す。101 は遅延故障検出率が検査の要求を満たす値かどうかの判  
定、102 は故障検査を示す。

以下、FIG. 3、FIG. 4、FIG. 6、FIG. 12を用いて本実施の形態を説明する。

最初に‘遅延故障の検査系列の生成の操作’3において検査に用いるための‘遅延故障の検査系列’4を生成する。

5 次に、‘遅延故障のシミュレーション操作’6において‘遅延故障の検査系列’4の故障検出率5を算出する。詳しくは、第1の実施の形態または第2の実施の形態で説明した方法（FIG. 3またはFIG. 6の操作33を操作36に置き換えたものを使用）を用いることによって、故障検出率を算出する。

10 次に、操作101では、‘遅延故障のシミュレーション操作’6で出力した故障検出率5を用いて、故障検出率が検査に求められる値に達しているか否かを判定する。もし結果が肯定的（Yes）であれば故障検査102の操作へ移る。逆に、否定的（No）であれば、もう一度、‘遅延故障の検査系列の生成の操作’3からやり直す。これにより、再度、故障検出率のより高い‘遅延故障の検査系列’を生成する操作を行う。

15 従来技術による故障検出率算出を用いた場合は、たとえ高い遅延故障検出率が算出されていても、その数値だけでは‘遅延故障の検査系列’の品質が十分高いかどうか判定できない。つまり、補完するための検査系列または検査手法の検討を行う必要が生じる。しかし、故障検査にかかわる工数の増大と故障検査の品質の不安定さをもたらす原因となる。

20 これに対して、本発明による‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’を用いる場合は、算出した遅延故障検出率が‘遅延故障の検査系列’の品質を精度良く表している。そのため、故障検査操作に入ってよいかどうかを容易に判断することができる。その結果、故障検査にかかわる工数を小さくすることができる。また、故障検査の品質を安定して高レベルにすることができる。

25 以上詳述したように、本発明によれば、各‘遅延故障が定義された信号経路上の‘設計上の遅延値’を考慮することによって、個々の遅延故障の重要度を‘遅延故障の検査系列’の品質評価に反映させることができる。その結果、‘遅延故障の検査系列’の品質評価の精度を高めることができる。さらには、実際に故障を発生する可能性が大きい遅延故障ほど故障検出率への影響度合いを大きくすることができる。すなわち、そのような故障が検出された場合には故障検出率向上

30

の度合いが大きく、逆に検出されない場合の故障検出率低下の度合いも大きくすることができる。

From the above description, it will be apparent that the present invention provides.

**What is claimed is:**

1. 定義された遅延故障のうち設計上の所定の遅延値以下の遅延値をもつ遅延故障を故障検査の対象外として除外し、残った対象内の遅延故障数に対する‘遅延故障の検査系列が検出できた遅延故障数’の比を故障検出率として、‘遅延故障の検査系列’の品質を評価するように構成された遅延故障の検査系列の品質評価方法。

2. 定義された遅延故障のうち設計上の所定の遅延値以下の遅延値をもつ遅延故障を故障検査の対象外として除外する工程と、

前記除外の工程で残った対象内の遅延故障数に対する‘遅延故障の検査系列が検出できた遅延故障数’の比を故障検出率として算出する工程と、

前記故障検出率に基づいて‘遅延故障の検査系列’の品質を評価する工程とを含む遅延故障の検査系列の品質評価方法。

3. 定義された遅延故障のそれぞれについて重み付けを行い、その遅延故障の重みの総和に対する‘遅延故障の検査系列が検出できた遅延故障’の重みの総和の比を故障検出率として、‘遅延故障の検査系列’の品質を評価するように構成された遅延故障の検査系列の品質評価方法。

4. 定義された遅延故障のそれぞれについて重み付けを行う工程と、

前記遅延故障の重みの総和に対する‘遅延故障の検査系列が検出できた遅延故障’の重みの総和の比を故障検出率として算出する工程と、

前記故障検出率に基づいて‘遅延故障の検査系列’の品質を評価する工程とを含む遅延故障の検査系列の品質評価方法。

5. 前記重みとして、‘遅延故障が定義された信号経路のタイミング設計上の要求値’に対する、前記‘遅延故障が定義された信号経路の設計上の遅延値’の相対的な値を用いるように構成された請求項3に記載の遅延故障の検査系列の品質評価方法。

6. 前記‘遅延故障が定義された信号経路のタイミング設計上の要求値’は、前記遅延故障が定義された信号経路に対するクロックレートを用いるように構成された請求項5に記載の遅延故障の検査系列の品質評価方法。

7. 前記重みとして、前記‘遅延故障が定義された信号経路のゲート段数’を用いるように構成された請求項3に記載の遅延故障の検査系列の品質評価方法。

8. 前記重みとして、前記「遅延故障が定義された信号経路の設計上の遅延値」と前記「遅延故障が定義された信号経路の物理的な経路長」との積を用いるように構成された請求項3に記載の遅延故障の検査系列の品質評価方法。

5 9. 前記重みとして、前記「遅延故障が定義された信号経路の設計上の遅延値」と前記「遅延故障が定義された信号経路の経路上の物理的な配線面積」との積を用いるように構成された請求項3に記載の遅延故障の検査系列の品質評価方法。

10 10. 前記重みとして、前記「遅延故障が定義された信号経路の設計上の遅延値」と前記「遅延故障が定義された信号経路の経路上の物理的な配線面積」に素子面積を加算した結果との積を用いるように構成された請求項3に記載の遅延故障の検査系列の品質評価方法。

11. 前記重みとして、さらに欠陥密度を乗ずるよう構成された請求項7に記載の遅延故障の検査系列の品質評価方法。

15 12. 前記重みとして、さらに欠陥密度を乗ずるよう構成された請求項8に記載の遅延故障の検査系列の品質評価方法。

13. 前記重みとして、さらに欠陥密度を乗ずるよう構成された請求項9に記載の遅延故障の検査系列の品質評価方法。

14. 前記重みとして、さらに欠陥密度を乗ずるよう構成された請求項10に記載の遅延故障の検査系列の品質評価方法。

20 15. 生成した「遅延故障の検査系列」に対して、請求項1に記載の「遅延故障の検査系列の品質評価方法」を用いて故障検出率の算出を行うよう構成された遅延故障の検査系列の生成の方法。

25 16. 生成した「遅延故障の検査系列」に対して、請求項3に記載の「遅延故障の検査系列の品質評価方法」を用いて故障検出率の算出を行うよう構成された遅延故障の検査系列の生成の方法。

17. 与えられた「遅延故障の検査系列」に対して、請求項1に記載の「遅延故障の検査系列の品質評価方法」を用いて、故障検出率の算出を行うよう構成された遅延故障のシミュレーションの方法。

30 18. 与えられた「遅延故障の検査系列」に対して、請求項3に記載の「遅延故障の検査系列の品質評価方法」を用いて、故障検出率の算出を行うよう構成



された遅延故障のシミュレーションの方法。

19. 半導体集積回路の検査工程において、検査に使用する‘遅延故障の検査系列’に対して、請求項1に記載の‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’を用いて、故障検出率の算出を行うように構成された故障検査方法。

5 20. 半導体集積回路の検査工程において、検査に使用する‘遅延故障の検査系列’に対して、請求項3に記載の‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’を用いて、故障検出率の算出を行うように構成された故障検査方法。

21. 前記重みとして、‘遅延故障が定義された信号経路のタイミング設計上の要求値’に対する、前記‘遅延故障が定義された信号経路の設計上の遅延値’  
10 の比を用いるように構成された請求項3に記載の遅延故障の検査系列の品質評価方法。

22. 前記‘遅延故障が定義された信号経路のタイミング設計上の要求値’は、前記遅延故障が定義された信号経路に対するクロックレートを用いるように構成された請求項21に記載の遅延故障の検査系列の品質評価方法。

15 23. 前記‘遅延故障が定義された信号経路のタイミング設計上の要求値’は、前記遅延故障が定義された信号経路がマルチサイクルパスである場合には、前記遅延故障が定義された信号経路に対するクロックレートとマルチサイクル数の積を用いるように構成された請求項21に記載の遅延故障の検査系列の品質評価方法。

## **ABSTRACT**

遅延故障用の検査系列の品質を評価する際に、すべての遅延故障の価値を同一として扱おうと、検出する価値の高い故障、または検出する価値の低い故障の検出状況が検査系列の品質評価結果に反映されない。そこで、各遅延故障について、  
5 その遅延故障を定義した信号経路上の‘設計上の遅延値’を重み付けすることによって、‘遅延故障の検査系列’の品質をより高精度に評価することのできる  
‘遅延故障の検査系列の品質評価方法’を開発した。